



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

***ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR***

***Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025***

TEMA 1: Aerospaziale

Nell'ambito di una missione spaziale di osservazione dell'Universo (si scelga in maniera opportuna il o i target scientifici), si definisca l'orbita più idonea per le osservazioni previste in termini di parametri orbitali e si giustifichino, mediante la soluzione delle equazioni della dinamica, i risultati ottenuti. Inoltre, si spieghino le scelte effettuate nella scelta della strumentazione con opportuni calcoli e si effettuino stime quantitative utilizzando schizzi, grafici e tabelle opportune.

Si descrivano tutte le fasi della missione e si faccia una previsione della vita operativa della missione e del satellite in generale.



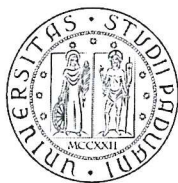
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

***ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR***

***Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025***

TEMA 2: Biomedica

Si descrivano i sistemi protesici spinali presenti attualmente nel mercato biomedicale, con particolare attenzione alle loro funzioni, alla descrizione generale della loro configurazione e alla indicazione della tipologia di materiali adatti alla loro costruzione.



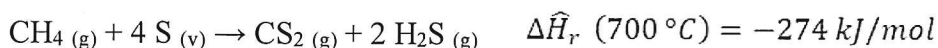
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

*Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025*

TEMA 3: Chimica

Il disolfuro di carbonio (CS_2) è un componente molto importante nella sintesi delle fibre di viscosa (Rayon) e viene prodotto attraverso la reazione tra metano (CH_4) e vapori di zolfo (S) utilizzando un catalizzatore a base di ossido metallico:



Il metano e lo zolfo fuso, a 150°C , vengono alimentati ad uno scambiatore di calore in proporzioni stechiometriche. La corrente di alimentazione al reattore e quella dei prodotti scambiano dunque calore in modo tale che lo zolfo della corrente di alimentazione venga vaporizzato completamente. Il metano e lo zolfo lasciano lo scambiatore di calore e passano attraverso un successivo pre-riscaldatore che riscalda la corrente a 700°C , ovvero alla temperatura di reazione.

Il calore è allontanato dal reattore con entità pari a 41 kJ per mol di corrente alimentata. La corrente che lascia il reattore è a 800°C , transita nello scambiatore di calore che incrocia la corrente di alimentazione, e vi esce a 200°C con zolfo liquido.

1. Disegnare lo schema a blocchi del processo.
2. Stimare la conversione realizzata nel reattore.
3. Stimare la quantità di calore (kJ per mol di alimentazione) che deve essere scambiata nel pre-riscaldatore affinché la corrente dei reagenti sia riscaldata fino a 700°C .
4. Discutere quale tipo di scambiatore di calore potrebbe essere utilizzato per vaporizzare lo zolfo nella corrente di alimentazione e dare una stima del coefficiente globale U di scambio termico.

Dati

Calore specifico dei diversi composti in $\text{J}/(\text{mol K})$, assunto costante

Zolfo liquido: 29.4

Zolfo vapore: 36.4

Metano gas: 71.4

Disolfuro di carbonio gas: 31.8

Acido solfidrico gas: 44.8

Calore latente di vaporizzazione in kJ/kg

1500 kJ/kg



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

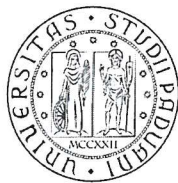
TEMA 4: Elettrica

Il motore asincrono trifase A è caratterizzato dai seguenti dati:

tensione nominale	V_{1n}	= 380 V	
numero di poli	$2p$	= 2	
Frequenza	f	= 50 Hz	
corrente e fattore di potenza nominali	I_{1n}	= 7.85 A	$\cos\varphi_{1n} = 0.888$
coppia nominale	C_n	= 13.42 Nm	
perdite a vuoto	P_0	= 215 W	
scorrimento nominale	s_n	= 2.82 %	

Determinare:

- 1) il rendimento nominale;
- 2) le perdite nel rame di statore e di rotore in condizioni nominali;
- 3) i parametri del circuito equivalente semplificato (R_0 , X_0 , R_1 , R_{12} , X);
- 4) il rendimento per una velocità di rotazione di 2950 giri/min.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

TEMA 5: Energetica

Si abbia un gruppo refrigeratore funzionante con propano. Il gruppo frigorifero è al servizio di una cella frigorifera con superficie di scambio termico pari a 20500 m^2 in cui sono contenute delle derrate alimentari che devono essere mantenute a 5.5°C . Le pareti della cella frigorifera sono composte da uno strato di materiale isolante di spessore 100 mm e conducibilità termica $0.025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ racchiuso tra due strati di lamiera con conducibilità termica pari a $20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, ciascuno spesso 1.2 mm . I coefficienti di scambio termico convettivo sono pari a $9 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ sul lato interno e $25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ sul lato esterno.

La temperatura di evaporazione sia di 2°C e quella di condensazione di 46°C . All'uscita dal condensatore si ha liquido saturo e all'uscita dall'evaporatore si ha vapore saturo secco. Oltre all'evaporatore ed al condensatore, si utilizza un terzo scambiatore, il cui obiettivo è quello di surriscaldare di 20°C il vapore in uscita dall'evaporatore. Il vapore surriscaldato viene quindi mandato al compressore e poi al condensatore.

Per surriscaldare il vapore si prendono in esame due soluzioni:

- 1) La prima soluzione prevede di surriscaldare il propano in uscita dall'evaporatore tramite acqua esterna, disponibile a 30°C , assumendo che l'acqua si raffreddi di 5 K e quindi esca dallo scambiatore a 25°C ;
- 2) La seconda soluzione prevede di inserire uno scambiatore rigenerativo, tra il liquido in uscita dal condensatore e il vapore surriscaldato in ingresso al compressore.

Nelle due soluzioni, le condizioni operative di ciclo rimangono le medesime, ivi compresa la potenza frigorifera.

Quesiti

1. La potenza frigorifera necessaria quando la temperatura dell'aria esterna è pari a 30°C .

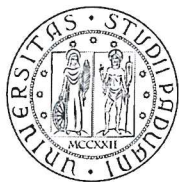
Con riferimento alla prima soluzione, calcolare:

2. il titolo di vapore del refrigerante in ingresso all'evaporatore;
3. la portata di refrigerante;
4. il flusso termico che viene scambiato nel surriscaldatore;
5. la portata di acqua al surriscaldatore, assumendo un calore specifico per l'acqua costante pari a 4.186 kJ/(kg K) .

Con riferimento alla seconda soluzione, calcolare:

6. il titolo di vapore di refrigerante in ingresso all'evaporatore;
7. la temperatura del refrigerante all'ingresso della valvola di laminazione;
8. la portata di refrigerante;
9. il flusso termico che viene scambiato nel surriscaldatore.

31



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

Proprietà del propano in condizioni di saturazione

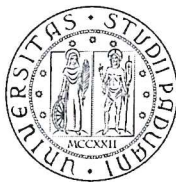
Temperatura (°C)	Pressione (bar)	Densità liquido (kg/m ³)	Densità vapore (kg/m ³)	Entalpia liquido (kJ/kg)	Entalpia vapore (kJ/kg)
2	5.0426	525.87	10.989	205.05	576.87
46	15.691	456.17	35.041	325.51	619.06

Proprietà del propano in condizioni di vapore surriscaldato

Temperatura (°C)	Pressione (bar)	Densità (kg/m ³)	Entalpia (kJ/kg)
22	5.04	9.9399	612.81

Proprietà del propano in condizioni di liquido sottoraffreddato

Temperatura (°C)	Pressione (bar)	Densità (kg/m ³)	Entalpia (kJ/kg)
31	15.69	484.03	282.06
32	15.69	482.32	284.86
33	15.69	480.59	287.66
34	15.69	478.84	290.43
35	15.69	477.07	293.32
36	15.69	475.28	296.16
37	15.69	473.48	299.01
38	15.69	471.66	301.87
39	15.69	469.82	304.79
40	15.69	467.97	307.7



**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

TEMA 6: Gestionale

Un'azienda realizza due prodotti finiti, PF-X e PF-Y, secondo la logica make-to-stock. Le Tabelle 1 e 2 riportano le previsioni di vendita e gli ordini già acquisiti dei due prodotti finiti per i successivi 12 periodi di pianificazione, mentre le Tabelle 3 e 4 riportano le loro distinte base in forma scalare.

Tabella 1

PERIODI	1	2	3	4	5	6
Previsioni	65	140	15	165	40	40
Ordini	15	15	5	40	15	15
PERIODI	7	8	9	10	11	12
Previsioni	15	90	15	170	45	15
Ordini	5	15	5	5	40	5

Tabella 2

PERIODI	1	2	3	4	5	6
Previsioni	90	65	140	40	240	40
Ordini	25	25	65	30	100	20
PERIODI	7	8	9	10	11	12
Previsioni	140	40	40	40	90	140
Ordini	100	30	25	20	30	30

Tabella 3

Livello	Codice articolo	Coefficiente d'impiego
0	PF-X	-
.1	SL-X	2
..2	MP-X	5
.1	SL-Y	1
..2	MP-Y	5
..2	SL-W	1
...3	MP-X	5
...3	MP-Z	5

Tabella 4

Livello	Codice articolo	Coefficiente d'impiego
0	PF-Y	-
.1	SL-X	1
..2	MP-X	5
.1	SL-Z	1
..2	MP-Y	10
..2	SL-W	1
...3	MP-X	5
...3	MP-Z	5

L'azienda utilizza questi dati per sviluppare il piano principale di produzione (Master Production Schedule; MPS) e definire anche gli Available To Promise (ATP) per entrambi i prodotti finiti. L'azienda gestisce inoltre tutti gli articoli utilizzati nella produzione di PF-X e PF-Y con la logica del Material Requirements Planning (MRP), e in particolare utilizza gli output dei record MPS per i prodotti finiti come input per il calcolo dei record MRP.

La Tabella 5 riporta – per ciascun articolo – la giacenza iniziale, la scorta di sicurezza, il lead time, il lead time di sicurezza e la politica di riordino (o strategia di pianificazione per l'MPS). Nel caso per un articolo sia prevista una scorta di sicurezza, l'azienda segue la regola secondo cui la giacenza dell'articolo può scendere fino a, ma non sotto, il valore assegnato alla scorta di sicurezza.



**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

Tabella 5

Codice articolo	Giacenza iniziale (pz)	Scorta di sicurezza (pz)	Lead time (periodi)	Lead time di sicurezza (periodi)	Politica di riordino (o strategia di pianificazione per MPS)
PF-X	140	40	1	-	MPS - strategia a lotto multiplo di 70 pz
PF-Y	240	70	1	-	MPS - strategia a lotto multiplo di 90 pz
SL-X	500	90	1	0	A periodo di copertura fisso di 2 periodi con lotto multiplo di 200 pz
SL-Y	190	50	2	0	Lotto multiplo di 70 pz
SL-Z	120	0	1	0	Lotto minimo di 75 pz
SL-W	260	60	1	0	A periodo di copertura fisso di 2 periodi
MP-X	4000	1000	1	0	A periodo di copertura fisso di 2 periodi con lotto minimo di 2500 pz
MP-Y	600	200	1	1	Lotto multiplo di 700 pz
MP-Z	800	100	2	1	Lotto multiplo di 300 pz

Si richiede di:

- Disegnare la distinta base ad albero di entrambi i prodotti finiti.
- Calcolare i record MPS, completi anche di ATP, per entrambi i prodotti finiti.
- Simulare l'arrivo dei seguenti ordini per il prodotto PF-X e indicare quali possono essere accettati:
 - ORDINE 1: richiesta di 200 pezzi nel periodo 3
 - ORDINE 2: richiesta di 170 pezzi nel periodo 5
 - ORDINE 3: richiesta di 90 pezzi nel periodo 7
 - ORDINE 4: richiesta di 220 pezzi nel periodo 11

Inoltre, evidenziare sul record MPS i cambiamenti alla luce degli ordini accettati, aggiornando la riga degli ordini, degli ATP e delle scorte (Nota: non è richiesto di rilanciare nuovi ordini MPS – si utilizzino quelli già calcolati per l'integrazione con i record MRP).

- Calcolare i record MRP di tutti gli articoli utilizzati nella produzione di PF-X e PF-Y nello stesso orizzonte di pianificazione, tenendo presente che per il periodo 1 è previsto il versamento a magazzino di 800 unità di MP-Y e di altrettante unità di MP-Z, mentre per il periodo 2 è previsto il versamento a magazzino di altre 600 unità di MP-Y e di altrettante unità di MP-Z.



**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

TEMA 7: Meccanica e Innovazione del Prodotto

Il semilavorato grezzo per l'ottenimento di una boccia corrisponde a un cilindro cavo di diametro 60 mm avente un foro centrale di diametro pari a 20 mm ed altezza pari a 40 mm. Il materiale del grezzo è una lega di rame, caratterizzata da una densità pari a 8960 kg/m^3 .

- I) Per la sua realizzazione si considerino le due metodologie di fabbricazione seguenti: **A)** metallurgia delle polveri e **B)** stampaggio ad impronta.

CASO A

Si determini la forza necessaria di compattazione al fine di ottenere una densità finale pari al 90% della densità nominale della lega di rame. Si assuma che il ritiro dovuto alla sinterizzazione è pari a circa il 7% e si scelga la dimensione della polvere che permetta di ottenere le migliori prestazioni meccaniche.

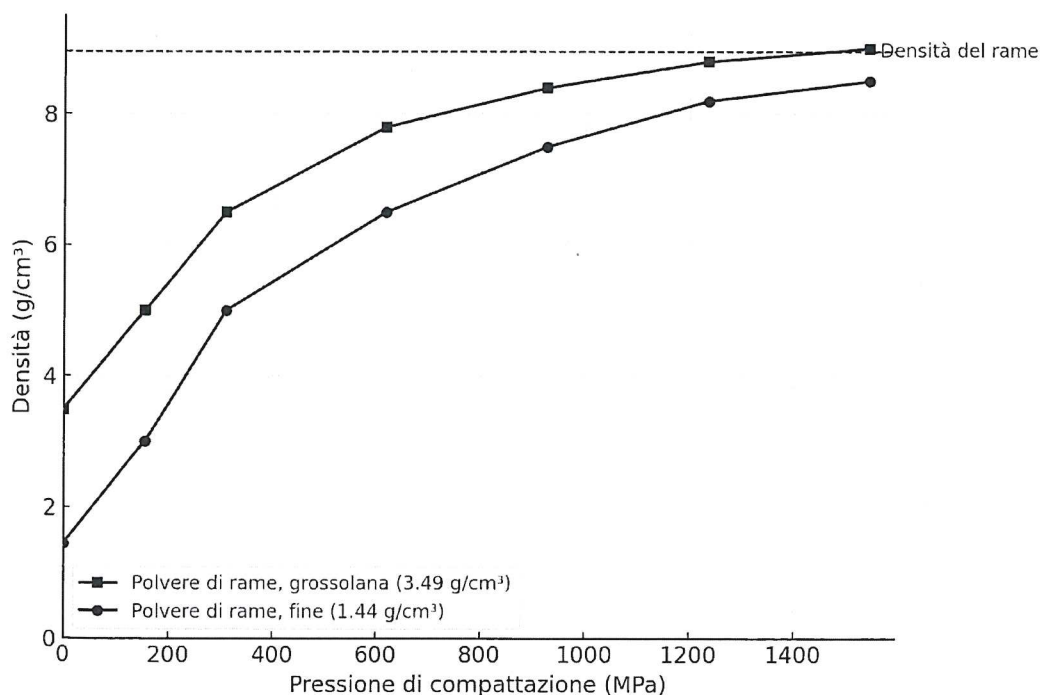


Figura 1. Densità al verde del rame in funzione della pressione di compattazione.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

***Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025***

CASO B

Il processo viene condotto alla temperatura di 870°C adottando una velocità dello stampo pari a $V = 0.25$ m/s. Dopo aver disegnato lo stampo con le opportune quote, si determini la forza di forgiatura, calcolando le costanti reologiche del materiale a partire dalla figura sottostante per una deformazione pari a $\varepsilon = 0.1$.

Si spieghino opportunamente le scelte relative alla progettazione dello stampo.

Per il calcolo dell'altezza della bava (s) e della sua lunghezza (b) si utilizzino le seguenti formule, dove D rappresenta il diametro del componente in corrispondenza della linea di separazione degli stampi:

$$s = 0.017D + \frac{1}{\sqrt{D} + 5}$$

$$\frac{b}{s} = \frac{62.5}{\sqrt{D}}$$



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

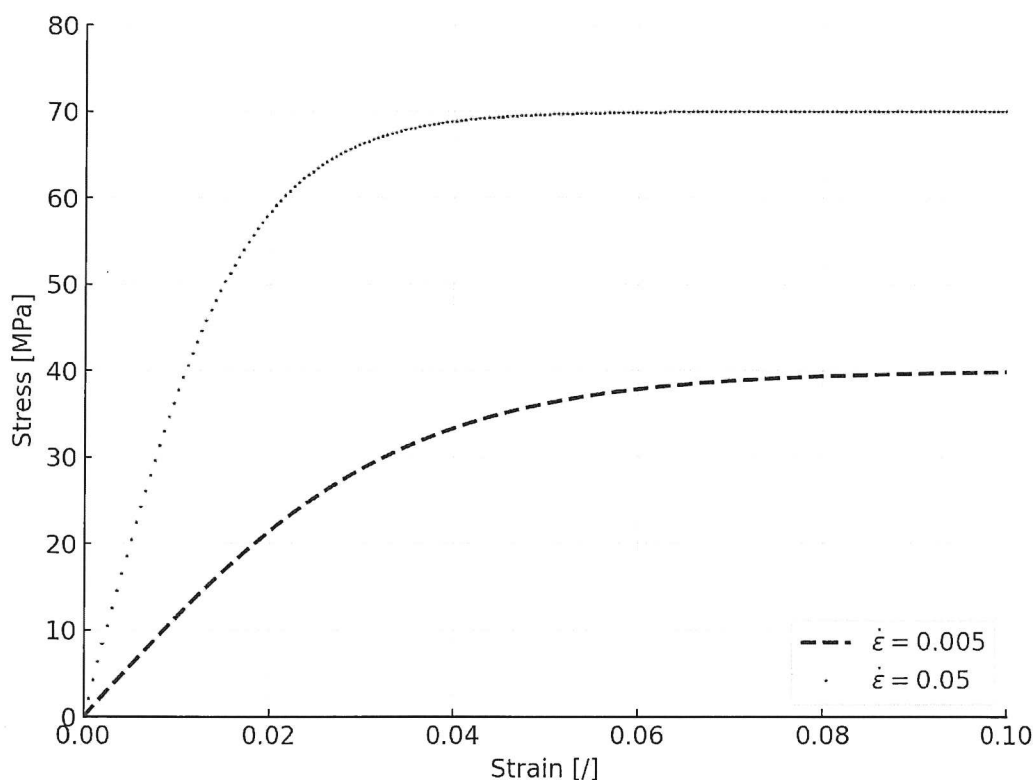
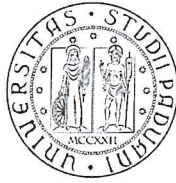


Figura 2. Curve di flusso della lega di rame a diverse velocità di deformazione alla temperatura del processo.

II) Si commenti, con riferimento alle caratteristiche meccaniche derivanti dalle due tecnologie di fabbricazione considerate anche aiutandosi con uno schema, la microstruttura indotta.

III) Si commenti, in linea generale, in merito agli aspetti economici delle due tecnologie di fabbricazione considerate.

EF



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR**

**Seconda sessione 2025
Seconda prova scritta del 1 dicembre 2025**

TEMA 8: Materiali

Si esegue una **cementazione gassosa** a 950°C di un acciaio con 0.2% di carbonio, utilizzando una miscela di **endogas** prodotto in forno generatore e un **gas di arricchimento** costituito da metano puro

La composizione del gas nella zona di cementazione è in frazione molare: CO=20%; CO₂=0,25%; CH₄=1,0%; inerti il restante

La cementazione avviene mantenendo costante il potenziale di carbonio (C_p) calcolato con la formula

$$C_p [\% C] = \frac{K_1 \cdot \frac{CO}{CO_2} + K_2 \cdot CH_4}{1 + K_3 \cdot CH_4}$$

dove K₁= 0,012; K₂=0,35; K₃=2,5 e CO, CO₂ e CH₄ sono le frazioni molari dei rispettivi gas

Si consideri la diffusione del carbonio nell'austenite a 950 °C pari a 7,0×10⁻¹¹ m²/s

Calcolare il tempo necessario ad ottenere in queste condizioni una profondità effettiva di cementazione di 2 mm, assumendo che la diffusione del carbonio avvenga secondo la seconda legge di Fick con soluzione in un semisolido infinito